



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 03 292.4

Anmeldetag: 28. Januar 2003

Anmelder/Inhaber: Zeo-Tech Zeolith-Technologie GmbH,
Unterschleißheim/DE

Bezeichnung: Kühl-Container mit Adsorptions-Kühlapparat

IPC: F 25 B 17/08

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. November 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Stark

Kühl-Container mit Adsorptions-Kühlapparat

Die Erfindung betrifft einen Kühl-Container mit Adsorptions-Kühlapparat und Verfahren zu dessen Betrieb.

5

Adsorptionsvorrichtungen sind Apparate, in denen ein festes Sorptionsmittel ein zweites, bei tieferen Temperaturen siedendes Mittel, das Arbeitsmittel dampfförmig unter Wärmefreisetzung sorbiert (Sorptionsphase). Das Arbeitsmittel verdampft dabei in einem Verdampfer unter Wärmeaufnahme. Nachdem das Sorptionsmittel gesättigt ist, kann es durch Wärmezufuhr wieder desorbiert werden (Desorptionsphase). Dabei dampft Arbeitsmittel aus dem Adsorptionsmittel ab. Der Arbeitsmitteldampf kann rückverflüssigt werden und im Verdampfer anschließend erneut verdampfen.

10

Adsorptionsapparate zum Kühlen mit festen Sorptionsmitteln sind aus der EP 0 368 111 und der DE-OS 34 25 419 bekannt. Sorptionsmittelbehälter, gefüllt mit Sorptionsmitteln, saugen dabei Arbeitsmitteldampf, welcher in einem Verdampfer entsteht ab, und sorbieren ihn unter Wärmefreisetzung. Diese Sorptionswärme muss dabei aus der Sorptionsmittelfüllung abgeführt werden. Die Kühlapparate können zum Kühlen und Warmhalten von Lebensmitteln in thermisch isolierten Boxen eingesetzt werden.

20

Das aus der EP 0 368 111 bekannte Sorptionskühlsystem besteht aus einer transportablen Kühleinheit und einer davon separierbaren, stationären Ladestation. Die Kühleinheit besteht aus einem Sorptionsbehälter, gefüllt mit einem festen Sorptionsmittel und einem Verdampfer, der flüssiges Arbeitsmittel und einen darin eingebetteten Wärmetauscher enthält. Verdampfer und Sorptionsbehälter sind über eine absperrbare Dampfleitung miteinander verbunden. Durch einen im Verdampfer eingebetteten Wärmetauscher fließen flüssige Medien, die durch temperaturgeregeltes Öffnen und Schließen der Absperreinrichtung auf das gewünschte Temperaturniveau gekühlt werden. Nachdem das Sorptionsmittel mit Arbeitsmittel gesättigt ist,

25

30

kann es in der Ladestation erhitzt werden. Der dabei abströmende Arbeitsmitteldampf wird im Verdampfer rückverflüssigt. Die Kondensationswärme wird durch Kühlwasser, das durch den eingebetteten Wärmetauscher strömen muss, abgeführt.

5 Aufgabe der Erfindung ist ein Kühl-Container mit Adsorptions-Kühlapparat; der über einen längeren Zeitraum den Containerinhalt ohne externe Energiequelle auf einem niedrigen Temperaturniveau kühlt und dessen Kühlwirkung zu einem späteren Zeitpunkt geladen und daran anschließend beliebig lange verlustlos gespeichert werden kann.

10 Gelöst wird diese Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale der Ansprüche 1 und 10. Die abhängigen Ansprüche zeigen weitere erfinderische Vorrichtungen bzw. Verfahren zur Verwendung des Adsorptions-Kühlapparates auf.

15 Der erfindungsgemäße Adsorptions-Kühlapparat enthält demnach ein Sorptionsmittel innerhalb eines Sorber-Behälters, ein Ventil und flüssiges Arbeitsmittel innerhalb eines Verdampfers. Dem Sorptionsmittel wird während der Desorptionsphase Wärme zugeführt und während der Sorptionsphase entzogen. Dem Arbeitsmittel wird während der Sorptionsphase Verdampfungswärme zugeführt und
20 während der Desorptionsphase Verflüssigungswärme entzogen. Die Wärmemengen werden dabei an Luftströme übertragen, die durch elektrisch betriebene Lüfter über entsprechend ausgeformte Wärmeoberflächen gefördert werden.

25 Während der Desorptionsphase wird Arbeitsmitteldampf desorbiert. Dieser strömt durch das geöffnete oder sich selbst öffnende Ventil zum Verdampfer und kondensiert dort aus. Die geförderten Luftmengen sollten dabei so groß sein, dass die Verflüssigungswärme auf relativ tiefem Temperaturniveau abgeführt werden kann. Am Ende dieser Phase wird die Wärmezufuhr in das Sorptionsmittel gestoppt. Die Desorption von weiterem Arbeitsmitteldampf endet damit. Das Schließen des Ventils verhindert die Rückströmung des Arbeitsmitteldampfes. Das desorbierte Arbeitsmittel befindet sich dann in flüssiger Form im Verdampfer. In diesem
30 einsatzbereiten Zustand ist der Adsorptions-Kühlapparat beliebig lange lagerfähig.

Es ist vorteilhaft, den Sorber-Behälter mit einer temperaturstabilen thermischen Isolierung zu versehen, um während des Desorptionsprozesses die Wärmeverluste an die Umgebung zu minimieren.

5

Zur Einleitung der Adsorptionsphase wird das Ventil geöffnet. Arbeitsmitteldampf kann nunmehr vom Verdampfer in den Sorber-Behälter strömen und vom Sorptionsmittel exotherm sorbiert werden. Durch Verdampfen einer Teilmenge kühlt die Arbeitsmittelmenge im Verdampfer sich und den am Wärmetauscher vorbeigeführten Luftstrom ab. Um die maximale Kälteleistung zu erzeugen, muss das Sorptionsmittel seine Sorptionswärme in einem Wärmetauscher an die Umgebung abführen können. Eine besonders intensive Kühlwirkung erreicht man, wenn der Sorber-Behälter eine ausreichend große Wärmetauscherfläche für den ihn umströmenden Luftstrom aufweist. Von Vorteil ist, wenn das Sorptionsmittel auf Umgebungstemperaturen gekühlt werden kann, um die maximale Arbeitsmittelmenge bei ausreichend tiefen Verdampfungstemperaturen verdampfen zu können.

15

Als Sorptionsmittel kommt erfindungsgemäß Zeolith zum Einsatz. Je Kilogramm Zeolith kann damit ein Adsorptions-Kühlapparat ca. 130 Wattstunden Kälte verlustlos über einen beliebig langen Zeitraum speichern. Nach dem Öffnen des Ventils steht diese Kältemenge sofort bereit. Zeolith ist ein kristallines Mineral, das aus einer regelmäßigen Gerüststruktur aus Silizium- und Aluminiumoxiden besteht. Diese Gerüststruktur enthält Hohlräume, in welchen Wassermoleküle unter Wärme-freisetzung sorbiert werden können. Innerhalb der Gerüststruktur sind die Wassermoleküle starken Feldkräften ausgesetzt, deren Stärke von der bereits in der Gerüststruktur enthaltenen Wassermenge und der Temperatur des Zeolithen abhängt. Für den praktischen Gebrauch können pro 100 Gramm Zeolith bis zu 25 Gramm Wasser sorbiert werden. Zeolithe sind feste Stoffe ohne störende Wärmeausdehnung bei der Sorptions- bzw. Desorptionsreaktion. Die Gerüststruktur ist von allen Seiten für die Wasserdampfmoleküle frei zugänglich. Adsorptionsvorrichtungen sind deshalb in jeder Lage einsatzfähig.

20

25

30

Verwendbar sind jedoch auch andere Sorptionsmittelpaarungen, bei denen das Sorptionsmittel fest ist und auch bei der Sorptionsreaktion fest bleibt. Feste Sorptionsmittel haben allerdings eine geringe Wärmeleitung und einen schlechten Wärmeübergang. Da auch der Wärmeübergang von einer Luftströmung auf den Sorptionsmittel-Wärmetauscher in der gleichen Größenordnung liegt, empfehlen sich prinzipiell Wärmetauscher ohne Berippung, wie beispielsweise Zylinder-, Platten- oder Rohrgeometrien. Da insbesondere Zeolithgranulate eine geringe Wärmeleitung haben, sind die Sorber-Behälter so auszulegen, dass der durchschnittliche Wärmeleitungsweg für die umgesetzten Wärmemengen 2 cm nicht übersteigt.

Einige feste Sorptionsmittel, wie Zeolith, sind stabil genug, um ohne Volumenänderung auch äußere Überdrücke bei dünnwandigen Behälterwänden abstützen zu können. Zusätzliche Versteifungen oder dickwandige Wärmetauscherflächen sind deshalb nicht nötig. Da bei der Verwendung von Wasser als Arbeitsmittel die Sorptionsvorrichtung unter Vakuum steht und für die gesamte Funktionsdauer keine Gase in das System eindringen sollten, sind vakuumdichte Bauteile zu verwenden. Für die manuelle Betätigung des Ventils haben sich Durchführungen, die durch Metallbälge abgedichtet sind, bewährt.

Für eine wirtschaftliche Betriebsweise sind Zeolithtemperaturen von 250 bis 350° C bei der Regeneration und von 30 bis 50° C bei der Sorption empfehlenswert. Besonders vorteilhaft ist es, die Regeneration durch einen Heißluftstrom mit Lufttemperaturen über 300° C durchzuführen. Falls die Zeolithfüllung in einer dünnen Schicht angeordnet ist, kann die Regeneration innerhalb einer Stunde abgeschlossen sein. Dabei ist darauf zu achten, dass durch eine ausreichende Luftströmung um den Verdampfer, die Kondensationstemperaturen unter 100°C bleiben. Bei höheren Temperaturen würde der Behälter-Innendruck größer als der äußere Luftdruck und dünnwandige Behälterstrukturen zwangsläufig aufgeblasen werden.

Die Verwendung von Wasser als Arbeitsmittel gestattet es, den erforderlichen Regelungsaufwand auf ein Minimum zu reduzieren. Beim Verdampfen von Wasser unter Vakuum kühlt sich die Wasseroberfläche auf 0°C ab und gefriert bei fortgesetzter Verdampfung zu Eis. Die Eisschicht kann vorteilhaft zur Regelung der Luft-

temperatur genutzt werden. Bei geringer Wärmeabgabe an den Luftstrom wächst die Eisschicht, bei sehr großer schmilzt sie ab. Dem wässrigen Arbeitsmittel können auch gefrierpunktabenkende Stoffe beigemischt sein, wenn die Siedetemperatur der Flüssigkeit unter 0°C abgesenkt werden soll.

5

Der Adsorptions-Kühlapparat eignet sich insbesondere für mobile Anwendungen, bei denen keine externe Antriebsenergie verfügbar ist. Die zum Betrieb der Lüfter notwendige Energie wird erfindungsgemäß in einem Akku gespeichert. Dieser kann während der Desorptionsphase über ein Ladegerät wieder aufgeladen werden. Um elektrische Energie zu sparen, werden die Lüfter nur dann in Betrieb genommen, wenn die gewünschte Kühltemperatur im Innenraum des Kühl-Containers überschritten ist. Wenn die Kühltemperatur erreicht oder unterschritten ist, wird auch der Lüfter, der Luft über den Sorber-Behälter fördert abgestellt.

10

15

Die Temperaturen der aus dem Verdampfer-Wärmetauscher austretenden Luftströme können über eine Drosselfunktion des Ventils nach bekannten Verfahren geregelt werden.

20

Erfindungsgemäß kann die Lufttemperatur auch unabhängig von der Drosselfunktion geregelt werden. Um beispielsweise die Austrittstemperatur der Luftströmung aus dem Verdampfer abzusenken, kann die Luftströmung durch den Sorptionsmittel-Wärmetauscher erhöht werden. Da sich bei geöffnetem Ventil immer das thermodynamische Gleichgewicht einstellt, hat eine Absenkung der Sorptionsmitteltemperatur eine Absenkung der Verdampfungstemperatur zur Folge. Der aus dem Verdampfer austretende Luftstrom wird damit zwangsweise kälter.

25

Sinnvoll ist auch die Ausgestaltung des Ventils als Rückschlag-Ventil. In diesem Fall kann die Regeneration auch bei geschlossenem Ventil durchgeführt werden. Der aus dem Sorptionsmittel abströmende Arbeitsmittel-Dampf öffnet selbsttätig das Rückschlag-Ventil, um im Verdampfer zu kondensieren. Da das Ventil zur Desorption nicht geöffnet werden muss, muss es am Ende der Regenerationsphase auch nicht aktiv geschlossen werden. Dies ist für die sichere und einfache Handhabung der Sorptionsvorrichtung von großem Vorteil.

30

Die Zeichnung zeigt in Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Kühl-Container mit Adsorptions-Kühlapparat in schematischer und geschnittener Darstellung.

Ein fahrbarer, isolierter Kühl-Container 1 enthält innen, an der Decke angeordnet, einen Verdampfer 2, der über eine Arbeitsmitteldampf-Leitung 3 und einem Rückschlag-Ventil 4 mit einem Sorber-Behälter 5 verbunden ist. Sowohl Sorber-Behälter 5 als auch Verdampfer 2 bestehen aus plattenförmigen Wärmetauscheranordnungen. Der Sorber-Wärmetauscher besteht aus drei Platten 6, die das Sorptionsmittel Zeolith 7 enthalten. Die Zeolithfüllung ist in Form von vorgefertigten Formkörper-Platten eingebracht, in welche auch die für die Strömung des Arbeitsmitteldampfes notwendige Verteilungsstruktur eingearbeitet ist. Zwischen den Platten 6 sind zwei elektrische Heizelemente 8 angeordnet, über welche die Luftspalte zwischen den Platten 6 und damit auch die Platten 6 selbst, aufgeheizt werden können. Der Sorber-Behälter 5 ist von einem thermisch isolierten Strömungsgehäuse 9 umschlossen, durch das ein Sorber-Lüfter 10 nach der Desorption und zeitweise während der Sorptionsphase Umgebungsluft fördert. Der Sorber-Lüfter 10 wird, ebenso wie ein Verdampfer-Lüfter 12, während der Sorptionsphase von einem Akku 11 gespeist. Während der Sorptionsphase zirkuliert der Verdampfer-Lüfter 12 die zu kühlende Luft im Innenraum des Kühl-Containers 1 entlang der mit Pfeilen markierten Wege über den Verdampfer 2, der von einem Luftleitblech 14 vom Innenraum abgeschirmt ist. Ein Temperatursensor 15 überwacht die Temperatur des Innenraumes. Der Verdampfer 2 ist aus zwei flachen Profilplatten 13 aufgebaut, in deren Innenraum Stützelemente und ein das Arbeitsmittel Wasser verteilendes Vlies dafür sorgen, dass die Profilplatten 13 nicht implodieren und das Arbeitsmittel gleichmäßig verdampfen kann. Eine Sicherheitseinrichtung 17 meldet einer (nicht gezeichneten) Steuerung, ob die Tür 18 geöffnet oder geschlossen ist.

Der Betrieb des Kühl-Containers lässt sich in eine Desorptionsphase und in eine Sorptionsphase unterteilen.

Während der Desorptionsphase sind die beiden elektrischen Heizelemente 8 in Betrieb. Mit steigenden Zeolithtemperaturen wird mehr und mehr Wasserdampf aus dem Zeolith 7 ausgedampft. Der steigende Dampfdruck öffnet das Rückschlag-

Ventil 4 und der Arbeitsmitteldampf strömt in den Verdampfer 2 um dort zu kondensieren. Die Kondensationswärme wird an den Luftstrom abgeführt, den der Verdampfer-Lüfter 12 über die Profilplatten 13 fördert. Damit die Temperatur im Innenraum des Kühl-Containers nicht zu hoch wird, muss während der Desorptionsphase die Tür 18 des Containers geöffnet bleiben. Dies wird von der Sicherheitseinrichtung 17 überwacht. Bei geschlossener Tür und wenn die Container-temperatur am Temperatursensor 15 einen oberen Grenzwert überschreitet, werden die elektrischen Heizelemente 8 nicht freigeschaltet bzw. abgeschaltet. Während der Desorptionsphase ist der Kühl-Container 1 mit dem ortsfesten Stromnetz verbunden, über das die elektrischen Heizelemente 8 versorgt werden. Gleichzeitig wird der Akku 11 aufgeladen. Am Ende der Desorptionsphase wird die Aufheizung der Zeolithfüllung gestoppt und der Sorber-Lüfter 10 in Betrieb genommen. Der Sorber-Behälter 5 kühlt sich dadurch auf Umgebungstemperatur ab. Über das automatisch geschlossene Rückschlag-Ventil 4 kann jedoch kein Dampf aus dem Verdampfer 2 zurückströmen.

Dies wird erst in der Sorptionsphase durch Öffnen des Ventils 4 mittels des Ventil-Betätigungselementes 16 erlaubt. Jetzt kühlt sich der Verdampfer 2 durch Verdampfen des Arbeitsmittels Wasser ab. Der Dampf strömt in den Sorber-Behälter 5, wo er vom Zeolith 7 unter Wärmefreisetzung sorbiert wird. Diese Sorptionswärme wird vom Sorber-Lüfter 10 an die Umgebungsluft abgeführt. Da der Kühl-Container 1 während der Sorptionsphase in aller Regel vom elektrischen Netz getrennt ist, werden sowohl der Sorber-Lüfter 10 als auch der Verdampfer-Lüfter 12 über den Akku 11 betrieben. Um elektrische Energie zu sparen, wird sowohl der Sorber-Lüfter 10 als auch der Verdampfer-Lüfter 12 gestoppt, sobald die Innentemperatur im Kühl-Container am Temperatursensor 15 die voreingestellte Kühlraumtemperatur unterschritten hat. Damit ist sichergestellt, dass insbesondere zu Beginn der Kühlphase, wo oftmals auch der Kühl-Container 15 vorgekühlt werden muss, die maximale Kühlleistung zur Verfügung steht. Das Rückschlagventil 4 kann so lange offen bleiben, bis der Kühl-Container 1 wieder ans Netz geht, um erneut aufgeladen zu werden.

Zusammenfassung

Sorptions-Kühlapparat zum Kühlen eines thermisch isolierten Kühl-Containers 1, mit einem Sorber-Behälter 5, der ein Sorptionsmittel 7 enthält, das während einer Sorptionsphase ein Arbeitsmittel sorbiert, das in einem Verdampfer 2 verdampft, 5 der im Innenbereich des Kühl-Containers 1 angeordnet ist, und mit einem absperrbaren Ventil 4 zwischen dem Sorber-Behälter 5 und dem Verdampfer 2, das die Strömung des Arbeitsmitteldampfes unterbinden kann, und wobei an den Verdampfer 2 ein Verdampfer-Lüfter 12 angeordnet ist, der eine Luft- 10 strömung über den Verdampfer lenkt und an den Sorber-Behälter 5 ein Sorber-Lüfter 10 angebaut ist, der Luft über den Sorptionsmittel-Behälter führen kann.

Patentansprüche

1. Sorptions-Kühlapparat zum Kühlen eines thermisch isolierten Kühl-Containers 1, mit einem Sorber-Behälter 5, der ein Sorptionsmittel 7 enthält, das während einer Sorptionsphase ein Arbeitsmittel sorbiert, das in einem Verdampfer 2 verdampft, der im Innenbereich des Kühl-Containers 1 angeordnet ist, und mit einem absperrbaren Ventil 4 zwischen dem Sorber-Behälter 5 und dem Verdampfer 2, das die Strömung des Arbeitsmitteldampfes unterbinden kann, dadurch gekennzeichnet, dass
- dem Verdampfer 2 ein Verdampfer-Lüfter 12 zugeordnet ist, der eine Luftströmung über den Verdampfer lenkt und
- dass dem Sorber-Behälter 5 ein Sorber-Lüfter 10 zugeordnet ist, der Luft über den Sorptionsmittel-Behälter führen kann.
2. Sorptions-Kühlapparat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächen des Sorber-Behälters 5 oder des Verdampfers 2 plattenförmig und zum Wärmetausch mit einer Luftströmung geeignet sind.
3. Sorptions-Kühlapparat nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Ventil 4 als Regelventil ausgebildet ist, das die Verdampfertemperatur durch Drosseln des Arbeitsmitteldampfstromes regelt.
4. Sorptions-Kühlapparat nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Sorber-Behälter 5 so gestaltet ist, dass der maximale Wärmeleitweg im Sorptionsmittel zur Oberfläche des Behälters weniger als 2 cm beträgt.
5. Sorptions-Kühlapparat nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem Sorber-Behälter 5 eine elektrische Heizung 8 zugeordnet ist.

6. Sorptions-Kühlapparat nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Sorber-Lüfter 10 und der Verdampfer-Lüfter 12 von einem elektrischen Akku
5 11 mit Strom versorgt werden können.

7. Sorptions-Kühlapparat nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Sorptionsmittel 7 Zeolith und das Arbeitsmittel Wasser enthält.

10 8. Sorptions-Kühlapparat nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Verdampfer 2 mit einem Temperatursensor 15 gekoppelt ist, der bei Über-
schreiten einer vorgewählten Grenztemperatur die elektrische Heizung 8 für den
15 Sorber-Behälter 5 abstellt.

9. Sorptions-Kühlapparat nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Kühl-Container 1 eine Sicherheitseinrichtung 17 enthält, die verhindert, dass
20 die Desorptionsphase bei geschlossener Tür erfolgt.

10. Verfahren zur Verwendung eines Sorptions-Kühlapparates nach einem der vo-
rangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
25 während der Sorptionsphase die Innenraumtemperatur des Kühl-Containers 1 da-
durch geregelt wird, dass der Verdampfer-Lüfter 12 getaktet wird und das Ventil 4
geöffnet bleibt.

11. Verfahren zur Verwendung eines Sorptions-Kühlapparates nach einem der vo-
rangehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass
während der Sorptionsphase der Sorber-Lüfter 10 zeitgleich zum Verdampfer-Lüfter 12 getaktet wird.

5 12. Verfahren zur Verwendung eines Sorptions-Kühlapparates nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
während der Desorptionsphase, der Akku geladen wird.

10 13 Verfahren zur Verwendung eines Sorptions-Kühlapparates nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Sorptionsphase mindestens dreimal länger dauert, als die Desorptionsphase.

15 14. Verfahren zur Verwendung eines Sorptions-Kühlapparates nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
während der Sorptionsphase die Lufttemperatur im Kühl-Container 1 zwischen minus 20°C und 0 °C einstellbar ist.

20 15. Verfahren zur Verwendung eines Sorptions-Kühlapparates nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
während der Desorptionsphase die Verflüssigung des Arbeitsmittels im Verdampfer 2 erfolgt und die Verflüssigungswärme an eine Luftströmung, die vom Verdampfer-Lüfter 12 erzeugt wird, abgeführt wird.

25 16. Verfahren zur Verwendung eines Sorptions-Kühlapparates nach einem der vorangehenden Ansprüche,
30 dadurch gekennzeichnet, dass
während der Desorptionsphase die Tür des Kühl-Containers 1 geöffnet ist und ein Luftwechsel mit der Außenluft erfolgt.

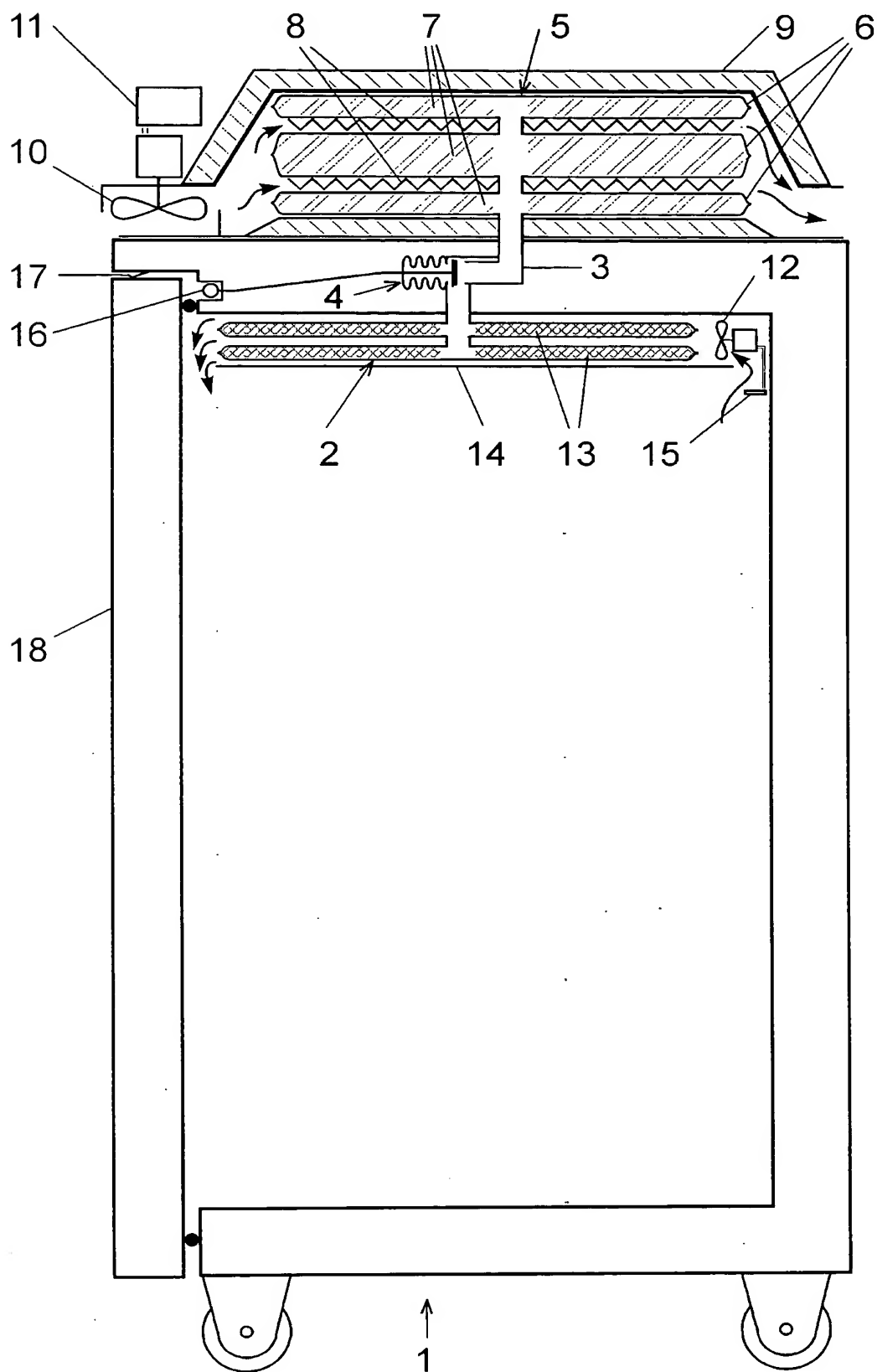


Fig.1